

Henri Saarinen

ENERGIATEHOKAS RAKENTAMINEN PIENTALOISSA

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2011

ENERGIATEHOKAS RAKENTAMINEN PIENTALOISSA

Saarinen, Henri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2011
Ohjaaja: Arponen, Esa
Sivumäärä: 33
Liitteitä: 6

Asiasanat: energiamääräykset, energiatehokkuus

Tämän opinnäytetyön aiheena oli energiatehokas rakentaminen pientaloissa. Työn tavoitteena oli selvittää tulevia ja nykyisiä energiamääräyksiä, sekä termejä jotka liittyvät energiatehokkuuteen. Työssäni selvitin mihin energiaa oikeasti kuluu ja miten sen kulumista voidaan pienentää. Vertailin myös eri lämmitysjärjestelmiä ja niiden investointikustannuksia samankokoisella pohjan pinta-alalla. Lopuksi tein alustavan suunnitelman pientalon rakentamisesta vuoden 2012 rakennusmääräyskoelmien mukaan.

Työssä selvisi, että lämmitysjärjestelmiä valittaessa sähkölämmitys tulee jäämään historiaan, koska sähkö saa korkeimman primäärienergiakertoimen joka on 2,0. Vuoden 2012 rakennusmääräyskoelmien mukaan rakennettuna sähkölämmitteinen talo on liki mahdoton toteuttaa. Työssä selvisi myös, että uusiutuvat polttoaineet kuten maalämpö, puu, yms. tulevat yleistymään uusien määräysten tultua julki. Aurinkolämpökeräimet ja aurinkopaneelit tulevat myös lisääntymään varsinkin, kun teknologia kehittyy. Eristemäärät tulevat kasvamaan myös huomattavasti nykyisestä tasosta. Eristemäärien kasvussa on myös kosteusriskit, joita en itse lähtenyt tutkimaan. Toinen merkittävä asia eristeiden paksuuntumisessa on rakennuksien mahdollinen jäähdystarve. Energiatehokkuuden parantaminen tulee luomaan uusia työpaikkoja ja kehittämään alan innovaatioita.

ENERGY EFFICIENT CONSTRUCTION IN SMALL HOUSES

Saarinen, Henri

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

March 2011

Arponen, Esa

Number of pages: 33

Appendices: 6

Keywords: energy regulations, energy efficiency

The topic of this thesis was energy-efficient construction of small houses. The aim was to clarify the future and current regulations, as well as terms relating to energy efficiency. The thesis I clarified where energy is actually spent on and how the consumption can be reduced. Different heating systems and their investment costs on similar-sized foundations areas were compared. Finally, a preliminary plan was made for building a small house according to 2012 building regulations.

In my thesis it was found out that the choice of electrical heating as a system will go down in history because electricity will receive the highest primary coefficient which is 2,0. The 2012 building regulations will make the construction of an electrically heated house almost impossible. The thesis found out also that renewable fuels such as geothermal heat, wood etc. will become more common when new regulations become public. Solar collectors and solar panels will also increase also especially when technology develops. Insulations thickness will also grow from present day level. The insulations thickness will bring along risks such as humidity, which was excluded from my thesis. Another important factor in insulations thickness is the potential need for cooling. Improving energy efficiency will create new jobs and develop innovations in the field.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Yleistä tietoa ilmastopimeuksista.....	6
1.2	Työn tavoitteet	6
2	NYKYISET JA TULEVAT ENERGIAMÄÄRÄYKSET JA KÄSITTEET	7
2.1	U-arvot ja muut määräykset.....	7
2.1.1	Energiamääräykset 2010	7
2.1.2	Energiamääräys ehdotukset 2012.....	7
2.1.3	Suunnitelmat 2020 mennessä	8
2.2	Matalaenergia-, passiivienergia- ja nollaenergiatalot	9
3	ENERGIAN KULUTUS	10
3.1	Mihin energiaa kuluu	10
3.2	Miten energiankulutusta voidaan pienentää	10
4	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT PIENTALOISSA JA NIIDEN VERTAILU.....	13
4.1	Kaukolämpö.....	13
4.2	Maalämpö	15
4.3	Sähkölämmitys.....	17
4.4	Öljylämmitys	19
4.5	Muut vesikiertoiset lämmitysjärjestelmät	21
5	ILMANVAIHTO.....	22
5.1	Ilmanvaihtojärjestelmät ja vaatimukset	22
6	SUUNNITELMA VUODEN 2012 EHDOTUKSILLA.....	23
6.1	Selvitys suunnitelmasta.....	23
6.2	Rakenteet ja U-arvot	24
6.2.1	Seinät	24
6.2.2	Yläpohja	24
6.2.3	Alapohja	24
6.2.4	Ikkunat ja ovet.....	25
6.3	Lämmitysjärjestelmät ja ilmanvaihto.....	25
7	LASKELMAT	26
7.1	Tehontarpeen laskenta	26
7.2	Lämmitysenergian tarve vuositason (kWh).....	27
7.3	Uusiutuvat omavaraisenergiat	29
7.4	E-luvun laskenta	29

8 YHTEENVETO	30
8.1 Energiatehokkuus.....	30
8.2 Suunnitelman yhteenveto.....	30
LÄHTEET.....	32
LIITELUETTELO	33

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä tietoa ilmastopimuksista

Kansainväliset ilmastopimukset edellyttävät maassamme ja muualla Euroopassa huomattavia päästövähennyksiä ilmastomuutoksen pysäyttämiseksi. Rakennusten energiankulutuksella on merkittävä vaikutus päästöihin, sillä rakennusten käyttö kuluttaa noin 40 % Suomen primäärienergiasta. Rakennuskantamme uudistuminen tapahtuu kuitenkin niin hitaasti, että energiansäästötoimenpiteet on kohdistettava myös olemassa olevaan rakennuskantaan. Rakennusten korjaaminen vain energiatehokkuuden parantamiseksi on usein taloudellisesti kannattamatonta. Energiatehokkuuden parantaminen onkin täten yleensä järkevä ajoittaa pakollisten korjausten yhteyteen.

1.2 Työn tavoitteet

Työni tavoitteena on selvittää tulevia energiamääräyksiä, koska tulevaisuudessa nämä koskevat meitä kaikkia. Selvitän työssäni myös mihin energiaa todellisuudessa kuluu sekä vertailen eri lämmitysjärjestelmiä ja niiden hankintakustannuksia ja hyötyjä. Lopuksi teen suunnitelman vuoden 2012 rakennusmääräyksillä pientalon toteuttamisesta. Pyrin valitsemaan oikeat rakenteet ja lämmitysjärjestelmät sekä ilmanvaihdon. Vaatimuksia selvennän laskemalla kulutusarvion vuositasolla.

2 NYKYISET JA TULEVAT ENERGIAMÄÄRÄYKSET JA KÄSITTEET

2.1 U-arvot ja muut määräykset

U-arvot ja muut määräykset muuttuvat vuodesta 2010 eteenpäin. Euroopan Unionin yhtenäinen tavoite on pienentää lämmitysenergian ostotarvetta lähelle nollaa uudisrakennuksissa vuoteen 2020 mennessä. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennukset tuottavat itse energiansa. Suomi on myös sitoutunut EU:n komission asettamiin tavoitteisiin nostaa uusiutuvan energian käytön osuutta 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä /1/. Tämä tarkoittaa sitä, että olemassa olevien rakennusten lämmitysjärjestelmiä tullaan ja joudutaan uusimaan.

2.1.1 Energiamääräykset 2010

Energiamääräykset muuttuivat osittain vuoden 2010 alussa. Rakennuksen U-arvot ja ilmanvaihtomääräykset tiukkenivat. Asuinrakennusten lämmityksen energiantarve 30-40 % pienempi aikaisempaan nähden. Rakennuksen U-arvot ovat nyt: Seinät 0,17 W/m²K, Yläpohja 0,09 W/m²K, Alapohja 0,16 W/m²K, Ikkunat ja Ulko-ovet 1 W/m²K. Ilmanvuotoluku on nyt kaksi kertaa tunnissa ja lämmöntalteenotto prosentoin on oltava vähintään 45 % /2/.

2.1.2 Energiamääräys ehdotukset 2012

Vuonna 2012 voimaan tulevien energiamääräysten keskeisin ajatus on raja-arvojen asettaminen rakennuksen kokonaisenergiankulutukselle. Ideana on, että vuonna 2020 lämmitysenergian tarve lähenisi jo EU:n linjauksen mukaan nollaa. Tavoitteena on nyt parantaa uudisrakennusten energiantehokkuutta 20 prosentilla. Uutta on myös energiamuotojen kertoimet jotka ovat: sähkölle 2,0, kaukolämmölle 0,7, kaukojäähdytykselle 0,4, fossiiliset polttoaineet 1,0 ja rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet joiden kerroin on 0,5. Kertoimia tarvitaan kun lasketaan kokonaisenergiankulutusta. Rakennuskohtaisiin U-arvoihin ja ilmanvaihdon lämmöntalteenotto-

vaatimuksiin ei tule muutoksia. Keskeisin ajatus on asettaa vaatimus rakennuksen energiatehokkuudelle, mutta jättää eri mahdollisuuksia saavuttaa nämä vaatimukset. Energiamuotojen kertoimet väistämättä vähentävät suoran sähkölämmityksen käyttöä ja suosivat uusiutuvan energian käyttöä. Uusiutuvan omavaraisen energian määrä tai uusiutuvilla polttoaineilla tuotetun energian määrä tulee olla vähintään 25 prosenttia verrattuna rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon lämmityksen energian nettotarpeeseen. Uusiutuvaa omavaraisenergiaa on esimerkiksi aurinkopaneeleista ja keräämistä tuotettu energia, paikallinen tuulienergia, lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia ja yms. Koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon ohjearvoa on kiristetty 20 prosentilla ottamalla ilmanvaihdon sähkönkulutus mukaan laskelmiin, näin halutaan säilyttää myös mahdollisuus painovoimaiseen ilmanvaihtoon. Rakennusvaipan ilmanpitävyydessä siirrytään n50-luvusta q50 lukuun eli ilmanvuoto lasketaan vaipan pinta-alaa eikä enää tilavuutta kohden /3/.

2.1.3 Suunnitelmat 2020 mennessä

Euroopan Unionin tavoite on että uudirakennuksilla ei ole lämmitys- eikä viilennystarvetta. Vuositasolla lämmitysenergian ostotarve 0 kWh/m². Energia tuotetaan omavaraisesti.

2.2 Matalaenergia-, passiivenergia- ja nollaenergiatalot

Taulukko 1. Vertailutaulukko

Energian tarve kWh/m ² v.	Vanhat	Uudet	Matala- energiatalot	Passiivi- energiatalot
Tilojen lämmitys	80-240	80-140	30- 50	20-30
Viilentäminen	-	0- 10	0- 10	-
Talotekniikka	20- 40	20- 30	10- 20	5-10
Lämmin vesi	20- 60	20- 50	20- 30	15-25
Taloussähkö	30- 50	30- 50	20- 30	15-25
Yhteensä	150-390	150-270	70-140	55-90

Matalaenergiatalot tarkoittavat siis taloja, jotka ovat tehty vuoden 2010 rakennusmääräyskokoelmien mukaan ja uusien määräyksien mukaan lämpöhäviöiden määrä saa olla enintään 85 prosenttia suunnitteluarvoista. Lämmityksen energiankulutus on korkeintaan 60 kWh/m² eli noin puolet aikaisemmin vaadituista rakennusmääräyksistä. Matalaenergiatalo on hankintakustannuksiltaan -5..+5 % verrattuna tavanomaiseen. Elinkaarikustannuksiltaan 10..25 % edullisempi ja elinkaaritaloudeltaan 30..50% parempi /2/.

Passiivenergiatalot joiden kriteerit ovat lämmitysenergian tarve, primäärienergian tarve ja ilmanvuotoluku. Primäärienergian tarve saa korkeintaan olla 168 kWh/m². Passiivitalo ei perustu U-arvoihin, vaan primäärienergian tarpeeseen. /2/ Passiivitalona toteutetun omakotitalon lämmitystarve on noin 20 % tyypillisestä suomalaisesta omakotitalosta. Passiivitalon hintavertailu on jonkin verran hankalaa, koska se riippuu lämmitysjärjestelmistä ja rakenteista.

Nollaenergiatalot joiden käsite Suomessa on, että rakennuksessa tuotetun uusiutuvan energian ylijäämä on vähintään saman verran kuin käytetyn uusiutumattoman energian määrä. Hyötyjä nollaenergiatalossa on esim. suojautuminen energian hinnan

muutoksilta, suuri energian omavaraisuus ja käyttökustannukset /2/. Mahdollisia haittoja esim. investointikustannukset, jotka saattavat kasvaa liian suuriksi. Toinen mahdollinen haitta on osaamisen puute kyseisiin ratkaisuihin. Osaamisen puute voi mahdollisesti aiheuttaa suunnittelu- ja toteutusongelmia, jotka saattavat taas aiheuttaa kosteus- ja homeongelmia.

3 ENERGIAN KULUTUS

3.1 Mihin energiaa kuluu

Rakennus voi kuluttaa energiaa hyvinkin paljon jos eristemäärät ovat pieniä, ilmatii-veys huono ja esimerkiksi ilmanvaihdossa ainoastaan poisto- tai painovoimainen jär-jestelmä. Lämpöä johtuu seinistä, yläpohjista, alapohjista ja ilmanvaihdon kautta. Lämpöä häviää myös ikkunoista ja ovista, jotka voivat olla todellisia energian kulut-tajia varsinkin seinän liitosten kohdalla. Energiaa kuluu myös lämpimän veden käy-töstä, mihin pystytään itse vaikuttamaan ilman rakennusteknisiä toimenpiteitä. Ra-kenteiden kautta johtuva lämpöhäviö lasketaan U-arvoilla. Mitä isompi U-arvo sitä enemmän lämpöhäviötä syntyy.

3.2 Miten energiankulutusta voidaan pienentää

Energiankulutusta pystytään pienentämämään korjausrakentamisen avulla ja oman asennemuutoksen avulla. Kuten jo edellä mainitsin lämpimän veden käyttöä on hyvä rajoittaa, sillä tällä toimenpiteellä saavutetaan jo useampien eurojen säästö. Huonei-den lämpötilaa ei myöskään kannata pitää liian korkeana, vaan sopiva lämpötila olisi 20-22 celsiusasteen välissä. Ilmalämpöpumpun hankinta on myös järkevä ja taloudel-linen ratkaisu, joka sopii oikeastaan kaikkiin muihin lämmitysjärjestelmiin paitsi kaukolämpöön, jossa on kiinteät kuukausikustannukset. Ilmalämpöpumppuja on laaja valikoima valittavissa. Valittaessa kannattaa keskittyä erityisesti ilmalämpöpumpun lämpökertoimeen COP joka kertoo laitteen hyötysuhteen, kuinka paljon

lämpöpumppu tuottaa lämpöä suhteessa laitteen käyttämiseen tarvittavaan sähkömäärään. Muita lämmitysjärjestelmiä sekä niiden vaihtamisesta tulevia hyötyjä ja haittoja en käy tässä läpi vaan selvitän ne myöhemmässä vaiheessa kuten myös ilmanvaihdon osuuden.

Energiankulutuksen pienentäminen korjausrakentamisen avulla on syytä aloittaa energiatodistuksen laatimisella sekä kuntokartoituksella, koska energiatehokkuuden parantaminen yksistään ei usein ole taloudellisesti järkevää. Energiatodistuksen avulla saadaan selville lämmitysenergian kulutus ja lämpimän käyttöveden kulutus kWh/brm²/vuosi. On hyvä asettaa korjaustoimenpiteille tavoite esim. energiatehokkuusluokan parantaminen. Kuntokartoituksessa käydään rakenteet pintapuolisesti läpi, jonka jälkeen päätetään tehdäänkö vielä kuntotutkimus missä rakenteiden sisäpuoli tutkitaan ja saadaan näin ollen tarkempaa tietoa esim. mahdollisesta kosteusvauriosta. Kuntotutkimus on syytä tehdä jos rakenteita ei pureta vaan korjaaminen tapahtuu vanhan rakenteen päälle. Tutkimusten jälkeen tehdään korjauspäätökset. Korjaustoimenpiteet pientaloissa määräytyvät korjaustarpeen mukaan, mutta esimerkiksi yläpohjan lämmön eristäminen usein ilman korjaustoimenpiteitä on järkevää. Pelkkää rakenuksen U-arvojen vertailuun ei kannata keskittyä vaan ottaa huomioon myös ilmanvuotoluku mikä on varsinkin vanhoissa asunnoissa todella suuri. Vanhoissa rakennuksissa on se ongelma, kun parannetaan ilmanvuotolukua, että talosta ei saa tulla ns. pullotaloa, vaan ilmanvaihto on syytä ottaa tarkkaan huomioon lisälämmöneristystä ja ilmanvuotolukua parannettaessa, kuten myös ikkunaremonteissa jos ilmanvaihto toimii painovoimaisena.

Vertaillaan 1960- ja 1970 lukujen talojen U-arvot nykytasoon verrattuna.

Taulukko 2. U-arvojen vertailu

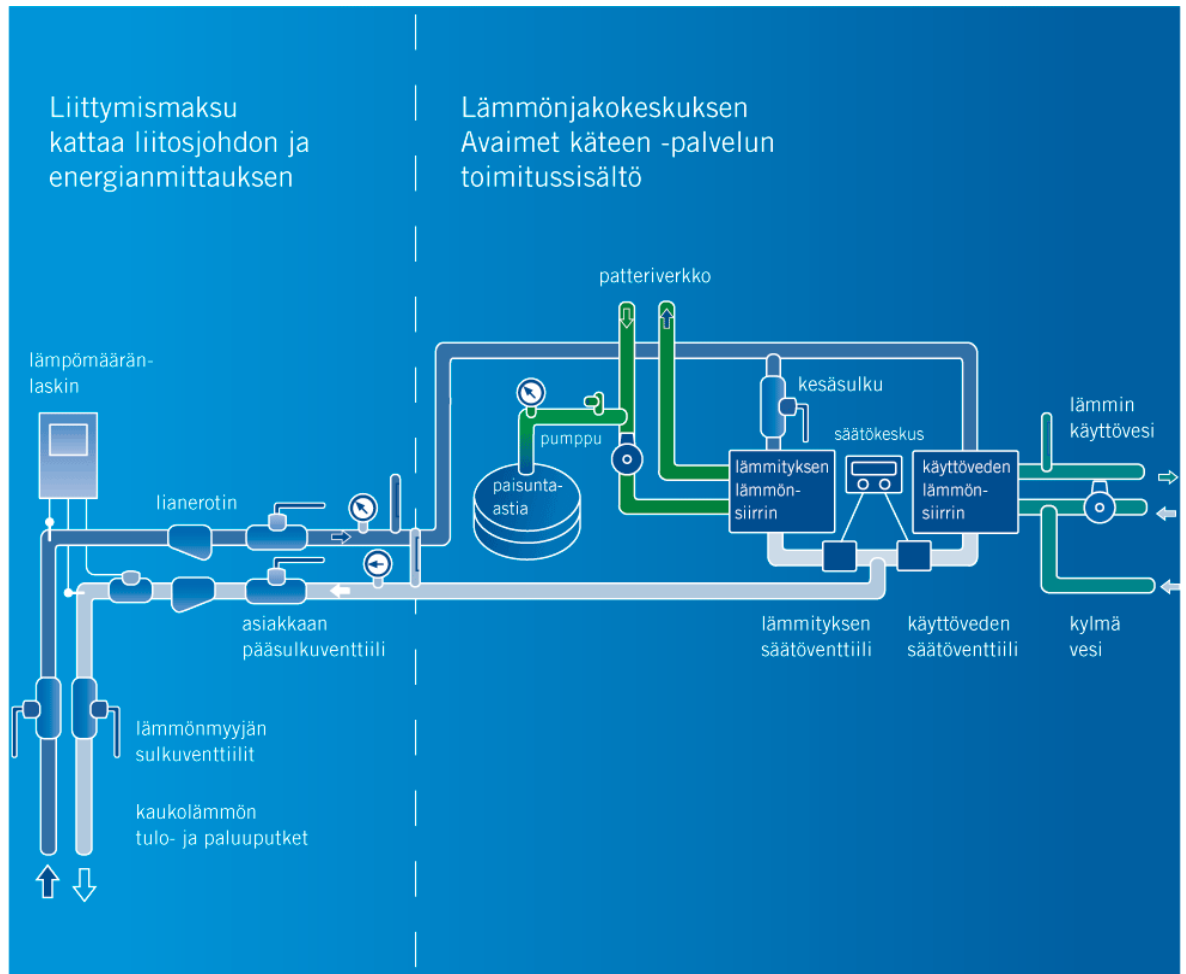
Rakennusosien U-arvovaatimukset W/m ² K	1969	1976	2010
Ulkoseinät	0,7	0,4	0,17
Yläpohja	0,45	0,35	0,09
Alapohja	0,47	0,4	0,16
Ikkunat	2,7	2,1	1
Ulko-ovet	2,7	2,7	1
Ilmanvuotoluku (kertaa tunnissa)	6	6	2
Lämmöntalteenotto %	Ei	Ei	45

Taulukosta /4/ nähdään kuinka paljon U-arvot ovat tiukentuneet vuodesta 1969 nykypäivään. Taulukon perusteella voidaan nähdä, että lämmöneristeiden lisäys ulkoseiniin ja yläpohjaan on järkevää tehdä. Yläpohjan lisälämmöneristys voidaan toteuttaa järkevästi ilman, että se liittyy korjausrakentamiseen. Yläpohjan lämmöneristys on järkevää taloudellisesti ja ajallisesti toteuttaa niin, että yläpohjaan lisätään puhallusvilla. Yläpohjan ilmanvuotoluku saattaa olla myös huomattavan suuri, sen parantaminen onkin huomattavasti hankalampaa kuin lisälämmöneristäminen. Ilmanvuotoluvun pienentämisessä joudutaan purkamaan rakenteita ylä- tai alapuolelta, jotta päästään tutkimaan vuotokohdat ja korjaamaan ne. Seinien lisälämmöneristäminen ja ilmanvuotoluvun parantaminen on syytä toteuttaa julkisivukorjauksen yhteydessä. Samalla on myös järkevää ovien ja ikkunoiden vaihto, jos ikkunat ovat vanhat tai korvausilma otetaan ikkunoiden kautta. Seinien lisälämmöneristysten yhteydessä onkin huomattava riittävän ilmaraon jättäminen puurunkoisiin rakennuksiin. On myös kiinnitettävä huomiota, kun lisälämmöneristystä tehdään että lämmöneristeet eivät saa kastua. Järkevintä on vanhan julkisivurakenteen poistaminen. Alapohjan lisälämmöneristäminen on harvinaisempaa ja ei niin kannattavaa, kun lämpö nousee ylöspäin ja näin ollen lämpöhäviöt ovat suhteellisen pieniä muihin rakenteisiin verrattuna. Vedon tunne lattiassa on peruste toteuttaa korjaustoimet sekä mahdolliset kosteudet, joita varsinkin puurunkoisissa rossipohjissa saattaa olla. Rakenteiden energiakorjaukset tulisi siis mahdollisuuksien mukaan yhdistää muihin korjauksiin.

4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT PIENTALOISSA JA NIIDEN VERTAILU

4.1 Kaukolämpö

Noin puolet kokonaisrakennuskannasta on liitetty kaukolämpöverkkoon. Suurin osa julkisista rakennuksista, liikerakennuksista ja asuinkerrostaloista sekä noin puolet rivitaloista lämmitetään kaukolämmöllä. Omakotitaloja lämmitetään kaukolämmöllä suhteellisen vähän, johtuen kaukolämpöverkon ulottuvuudesta. Tulevaisuudessa kaukolämpö antaa primäärikertoimeksi 0,7 mikä on toiseksi pienin kerroin uusiutuvan energiakertoimen jälkeen. Kaukolämmitys on tehokas ja edullinen tapa jakaa energiaa rakennuksen tilojen ja käyttöveden lämmitykseen. Kaukolämpöä tuotetaan tuotantolaitoksella, joka on kaukolämpövoimalaitos tai lämpökeskus. Kaukolämpöä tuotetaan yleensä yhteistuotannossa sähkön kanssa, jolloin polttoaineen energia hyödynnetään 80.. 90 %sti ja ympäristöhaitat ovat pienet. Tuotantolaitoksen polttoaineita voivat olla esimerkiksi hiili, maakaasu, öljy, puu, turve /5/. Kaukolämpövesi lämmitetään tuotantolaitoksella ja pumpataan kaukolämpöverkkoa pitkin asiakaskiinteistön lämmönjakokeskukseen, jossa lämpöenergia siirtyy lämmönsiirtimien välityksellä asiakkaan järjestelmiin. Jäähtynyt vesi palaa tuotantolaitokselle. Lämmöntoimittajan ja asiakkaan putkiston osien ja laitteiden hoitovastuun rajana ovat lämmöntoimittajalle kuuluvat kaukolämmön tulo- ja menoputken sulkuventtiilit. Lämmönjakokeskus, jonka lämmön ostaja on velvollinen ostamaan kuuluu lämmönsiirtimet, säätölaitteet, kiertovesipumput, paisunta- ja varolaitteet, putkistot, venttiilit ja mittarit.



Kuva 1. Kaukolämmön lämmönjakokeskus

Kuvassa /6/ lämmönjakokeskus josta nähdään lämmönjakokeskuksen periaate. Kaukolämmön laskutus perustuu perus-, energia- ja palveluhinnoista. Perusmaksu perustuu yleensä tilausvesivirtaan, mutta voi perustua myös rakennuksen tilavuuteen. Tilausvesivirta saadaan, kun lasketaan rakennuksen tarvitsema lämpöteho. Lämpöteho määritellään paikkakuntakohtaisen mitoitusukkolämpötilan mukaan. Energiamaksua laskutetaan taas kulutetusta lämpöenergiasta (MWh). Tarkastellaan kaukolämmön hankintakustannuksia kokonaisuudessaan korjauskohteessa. Tarkasteltavan talon huoneistopinta-ala on 131 neliömetriä ja kokonaispinta-ala 147 neliömetriä, rakennustilavuus on 455 kuutiometriä ja ilmatilavuus on 327 kuutiometriä. Paikkakuntaa ei ole määritetty, hinnat ovat keskihintoja ja vaihtelevat paikkakunnan mukaan.

Taulukko 3. Kaukolämmön investointikustannukset

Lämmitystapa	Kaukolämpö
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys
Investointikustannukset yhteensä	10 314 €
Lämmönjakokeskuksen Laitehankinta	3 233 €
Lämmönjakokeskuksen Asennus	400 €
Liittymismaksu	2 780 €
Lattialämmitys: putket, jakotukit, toimilaitteet, termostaatit ja asennus	3 901 €

Taulukosta /8/ nähdään, että kokonaisinvestointikustannus on n. 10 000 € sisältäen työt, laitteet, tarvikkeet ja liittymismaksun.

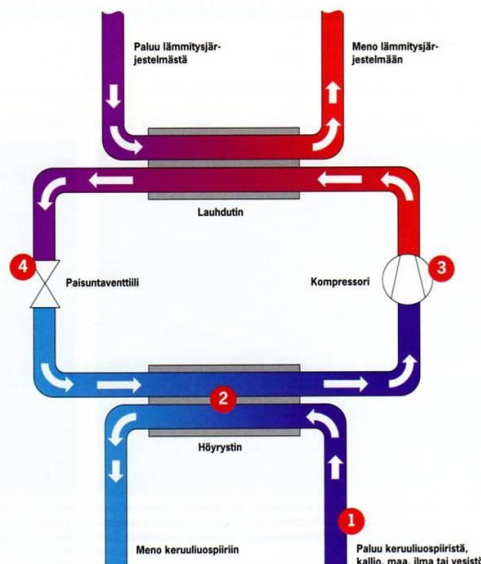
4.2 Maalämpö

Maalämpö on maaperän tai veden massaan varastoitunutta auringon uusiutuvaa lämpöenergiaa. Maalämpöjärjestelmällä tuota lämpöenergiaa voidaan käyttää rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen. Lämpöpumpun kompressorin avulla maaperästä saatu lämpöenergia nostetaan lämmityksessä tarvittavalle tasolle ja lämpö siirretään lämmitysjärjestelmään ja lämpimään käyttöveteen. Maalämpö on uusiutuvaa energiaa, jota voidaan taloudellisesti kannattavasti tuottaa hajautetusti pienissä rakennuskohtaisissa yksiköissä. Maalämpö antaa tulevaisuudessa primäärikertoimeksi 0,5. Järjestelmä on kuitenkin sitä kannattavampi, mitä suurempi rakennus ja energiankulutus ovat. Maalämpöä käytetään lähinnä pientaloissa, mutta se soveltuu myös hyvin esimerkiksi liike-, toimisto- ja tuotantorakennuksiin. Lämmönlähteenä voi siis olla maaperä, kallioperä, vesistö. Lämmönkeruupiiri on pintamaahan, peruskallioon tai veteen sijoitettu putkisto, jonka sisällä kiertävää nestettä ympäröivä maaperä lämmitää. Nesteinä putkistossa käytetään etanolia tai jotain muuta nestettä, joka ei jäädy

vielä -15 celsiusasteessa. Kiertäessään putkistossa neste kerää lämpöenergiaa ympäröivästä maa-aineksesta. Lämmönkeruupiiri mahdollistaa kesäaikaisen jäähdytyksen asentamisen, oli keruupiiri asennettu kallioon, maahan tai vesistöön. Kallioperään keruuputkisto asennetaan pystysuoraan porattuun porareikään lämpökaivoksi. Ratkaisu on nykyisin yleinen, vaikka sen rakennuskustannukset ovat suurempia kuin vaakasuoraan asennettavilla keruupiireillä /9/. Lämpökaivon etuja vaakapiireihin verrattuna ovat lähes kaksinkertainen energiansaanti putkimetriä kohti ja vähäinen tarvittava pinta-ala, routimattomuus ja helppo ilmattavuus. Maaperään vaakasuoraan asennettava putkisto sopii suurille tonteille. Putkisto ei haittaa puutarhanhoitoa tai tontin istutuksia. Soraharjuja lukuun ottamatta lähes kaikki maalajit soveltuvat vaakaputkistolle. Maaperän kosteuspitoisuus ja lämmönjohtavuus ovat merkittäviä tekijöitä piiriä mitoitettaessa. Veteen asennettava putkisto vaatii rannan joka syvenee nopeasti vähintään pariin-kolmeen metriin. Putket kiinnitetään pohjaan vähintään kolmen metrin syvyyteen. Vesistö voi olla meri, järvi tai lampi, ei mielellään virtaava joki. Hankkeelle on saatava vesialueen omistajan lupa.

Näin lämpöpumppu toimii

1. Lämmönkeruuneste¹ kiertää keruuputkistossa ja kerää lämpöenergiaa kallioista, maaperästä, ilmasta tai vedestä.
2. Lämmönvaihtimessa (höyrystin) haalea lämmönkeruuneste kohtaa lämpöpumpun jääkylmän kylmäaineen, jonka lämpötila nousee muutamasta asteesta, jolloin se höyryytyy.
3. Tämän jälkeen kompressorin puristaa höyrytyneen kaasun korkeaan paineeseen, jolloin se lämpenee ja lämpö johdetaan lämmönvaihtimen (lauhdutin) kautta talon lämmitysjärjestelmään.
4. Kylmäaineen² kiertäminen jatkuu ja paisuntaventtiilissä sen paine laskee ja kylmäaine tulee jälleen jääkylmäksi. Tästä prosessi alkaa uudestaan kun jääkylmä kylmäaine kohtaa haalean lämmönkeruunesteen.



Kuva 2. Maalämpöpumpun toimintaperiaate

Kuvasta /10/ nähdään maalämpöpumpun toimintaperiaate. Tarkastellaan maalämmön hankintakustannuksia kokonaisuudessaan samoilla perusteilla, kuin kaukolämpöä.

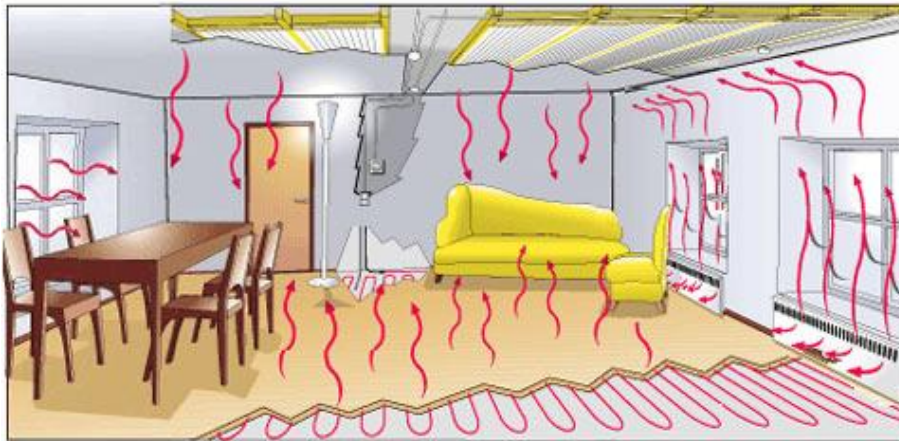
Taulukko 4. Maalämmön investointikustannukset

Lämmitystapa	Maalämpö (porakaivoreikä)
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys
Investointikustannukset yhteensä	16 651 €
Lämmönkeruuputkisto, porareikä ja asennus	3 750 €
Lämpöpumppu ja sen asennus	9 000 €
Lattialämmitys: putket, jakotukit, toimilaitteet, termostaatit ja asennus	3 901 €

Taulukosta /8/ nähdään kokonaiskustannushinta n. 16 500 €, sisältäen työt ja tarvikkeet.

4.3 Sähkölämmitys

Sähkö on Suomessa yleinen rakennusten lämmönlähde varsinkin pientaloissa. Lämmönjakotapana voi olla keskitetty tai huonekohtainen lämmitystapa. Keskitetyllä sähkölämmityksellä voidaan lämmittää vesikiertoisia lämmityspattereita, lattialämmitysputkistoja, sisäänpuhallusilmaa. Huonekohtaisesti säädettävä sähkölämmitys voidaan toteuttaa usealla eri tavalla, kuten lattialämmityskaapeleilla, sähköpattereilla ja kattolämmityksellä /5/. Sähkölämmitykseen siirtyessä investointikustannukset ovat pienet. Euroopan Unionin ja Suomen tulevat energiamääräykset antavat sähkölle primäärikertoimeksi 2,0 mikä tarkoittaa sitä, että tulevaisuudessa sähkölämmityksen käyttö vähenee huomattavasti. Kuvasta /11/ nähdään sähkölämmityksen periaate.



Kuva 3. Sähkölämmityksen toimintaperiaate

Vertaillaan suoran sähkölämmityksen hankintakustannuksia kokonaisuudessaan samoilla perusteilla, kuin edellisissä lämmitysjärjestelmissä.

Taulukko 5. Sähkölämmityksen investointikustannukset

Lämmitystapa	Suora sähkölämmitys
Lämmönjakotapa	Sähköpatterit
Investointikustannukset yhteensä	3 647 €
Lämmittimet ja termostaatit	1 602 €
Johdot ja asennustarvikkeet	84 €
Keskuksen lisähinta	199 €
Lämminvesivaraaja	670 €
Asennustyö	1 092 €

Taulukosta /8/ nähdään, että kokonaisinvestointikustannus on n. 3 500 € sisältäen työt ja tarvikkeet.

4.4 Öljylämmitys

Kevyt polttoöljy on merkittävä rakennusten lämpöenergian lähde. Suomen kevytöljylämmitteisistä rakennuksista lähes 80 % on omakoti- tai paritaloja, rivi- ja kerrostaloja noin 8 % ja muita rakennuksia noin 12 %. Kevytöljyt soveltuvat hyvin tehokkaaseen, taloudelliseen ja ympäristöä vähän kuormittavan hyötylämmön tuottamiseen. Suomessa käytettävä lämmitysöljy on vähärikkistä ja yleensä poltetaan tehokkaasti. Asuinrakennusten öljylämmityksen tuottamat hiilidioksidipäästöt ovat noin kolme prosenttia fossiilisten polttoaineiden tuottamista hiilidioksidipäästöistä Suomessa /5/. Öljylämmityksen tulevaisuus näyttää synkältä öljyn hinnannousun ja ekologisuuden perusteella, vaikka tulevaisuudessa fossiiliset polttoaineet saavatkin primäärikertomaksi 1,0.

Öljysäiliöstä öljy pumpataan joko öljypolttimen pumpulla tai siirtopumpulla polttimelle. Polttimessa öljysumu ja palamisilma sekoittuvat ja palaminen tulipesässä käynnistetään polttimen sytytyslaitteilla. Lämpöenergia siirtyy säteilemällä ja johtamalla tulipesää ympäröivän vesitilan kattilaveteen, jolla lämmitetään lämmitysverkostossa kiertävä vesi. Lämmin käyttövesi lämmitetään kattilavedellä kattilan vesitilassa, lämmönsiirtimessä kattilan ulkopuolella tai erillisessä varaajasäiliössä olevassa lämmönsiirtimessä. Öljyn varastointiin tarvitaan kohteesta riippuen yksi tai useampi säiliö varusteineen, öljyputkistot polttimille, siirtopumput ja suodattimet.



Kuva 4. Öljylämmityskeskus

Kuvasta /12/ nähdään öljylämmityksen periaate, kuvassa ei näy öljysäiliötä ja lämmin käyttövesi ja lämmitykseen käytettävä vesi lämmitetään kattilassa. Öljylämmitys edellyttää vuosittain nuohousta, öljypolttimen huoltoa ja öljysäiliön täyttämisen. Vertaillaan kevyen öljylämmityksen hankintakustannuksia kokonaisuudessaan samoilla perusteilla kuin aikaisemmissa lämmitysjärjestelmissä.

Taulukko 6. Öljylämmityksen investointikustannukset

Lämmitystapa	Öljylämmitys
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys
Investointikustannukset yhteensä	10 804 €
Öljykattila	1 541 €
Öljypoltin	670 €
Asennustyö	1 320 €
Öljysäiliö 1 500 litraa ja varusteet	797 €
Savupiippu ja varusteet	1 086 €
Kiertovesipumppu, paisunta-astia, ilma ja täyttöputki, säätökeskus ja asennustarvikkeet	1 489 €
Lattialämmitys: putket, jakotukit, toimilaitteet, termostaatit ja asennus	3 901 €

Taulukosta /8/ nähdään öljylämmityksen investointikustannukset n. 11 000 €, sisältäen työt ja tarvikkeet.

4.5 Muut vesikiertoiset lämmitysjärjestelmät

Muita vesikiertoisia lämmitysjärjestelmiä on useita, samanlaista vertausta niistä en tee vaan tutkin niitä hieman yleisemmin. Vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä on hyvä, koska lämmitysjärjestelmän muunneltavuus on suhteellisen helppo, sillä järjestelmiä on useita ja esimerkiksi lattialämmityspotket saattavat olla jo entuudestaan valmiiksi asennettuna. Muita vartenotettavia järjestelmiä joita haluan verrata on pellettijärjestelmä, joka on uusiutuvaa energiaa käyttävä järjestelmä. Se saa primääriker-toimeksi 0,5. Pellettijärjestelmä on kallis investoinniltaan, koska tarvitaan myös pellettivarasto, minkä on oltava tilava, täysin kuiva, pölytiivis ja sähkötön. Tällaisen varaston sopiva koko normaalikokoisessa omakotitalossa on 8 m³. Haittoja pellettijärjestelmässä joita huomasin tehdessäni tätä tutkimusta on juuri tämä pellettivarasto, jos pellettisäiliö sijoitetaan esim. öljysäiliön paikalle ja säiliö sijaitsee sisätiloissa polttimon vieressä täyttö on äärimmäisen vaikeaa isoissa määrissä. Ainoa järkevä paikka mielestäni pellettisäiliölle on maan alla rakennuksen vieressä, jossa pellettisäiliö saadaan kerralla täyteen. Lopputuloksena pellettijärjestelmä on kannattava uusiutuvan energian puolesta ja pellettien hinta/hyötysuhde on hyvä. Vertailen myös ilma-vesilämpöpumppua, jonka lämmöntuotto kuuluu myös uusiutuvaan energiaan. Ilma-vesilämpöpumpun lisäksi tarvitaan lämminvesivaraaja ja hinta sijoittuu 6 000-10 000 euron haarakkaan. Saneerauskohteissa se on hyvä vaihtoehto ja voidaan liittää vanhan järjestelmän rinnalle tai tilalle. Haittapuolia on toimivuus kovilla pakkasilla yli -20 astetta. Viimeisenä käyn läpi poistoilmalämpöpumpun, joka toimii rakennuksen ilmastointikoneena ja lämminvesivaraajana käyttö ja lämmitysvedelle. Uudiskohteissa se on todella vartenotettava vaihtoehto. Kustannus n. 7 500 euroa ja lisäksi ilmanvaihtokanavat ja lattialämmityspotket ja jakotukit sekä työt. Korjauskoh-teissakin varten otettava vaihtoehto, jos ilmanvaihto halutaan koneelliseksi. Muita järjestelmiä en käy läpi ja jotka soveltuvat vain päälämmitysjärjestelmien rinnalle ovat aurinkolämmitys, savukaasujen hyödyntäminen erilaisilla keräimillä ja varaava takka (ei veteen).

5 ILMANVAIHTO

5.1 Ilmanvaihtojärjestelmät ja vaatimukset

Ilmanvaihto on tärkeää rakennuksille. Ilmanvaihdon avulla saavutetaan puhdas ilma ja sopiva lämpötila sisätiloihin. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana saa olla enintään $2\ 160\ \text{mg/m}^3$ ($1\ 200\ \text{ppm}$) /7/. Ilmanvaihto pientaloissa voi olla joko painovoimainen, pelkkä poisto tai tulo ja poisto lämmöntalteenotolla. Järkevin ratkaisu on tietenkin tulo ja poisto lämmöntalteenotolla. Uudet energiamääräykset eivät edellytä ilmanvaihtoa lämmöntalteenotolla, jos näin tehdään hukattu lämpö täytyy pystyä kompensoimaan muilla toimenpiteillä. Tämä on todella huono asia, koska suuret eristemäärät edellyttävät ilmanvaihdon oikeanlaista toimintaa ja tässä piilee riski kosteusongelmille. Painovoimainen ilmanvaihto ei toimi käytännössä oikein kuin talvella. Toinen haittapuoli on myös se, että painovoimaisella ilmanvaihdolla pystytään pienentämään kokonaisenergian kulutusta, eli E-lukua mikä ei ainakaan edistä sisäilmaston hyvää laatua. Ilmanvaihtojärjestelmä toimineen tulo ja poistojärjestelmänä lämmöntalteenotolla maksaa n. 100 €/m². Kuvasta /13/ nähdään koneellisen ilmanvaihdon toimintaperiaate.



Kuva 5. Koneellisen ilmanvaihdon toimintaperiaate

6 SUUNNITELMA VUODEN 2012 EHDOTUKSILLA

6.1 Selvitys suunnitelmasta

Tarkoitukseni on tehdä suunnitelma omakotitalosta Poriin vuoden 2012 rakennusmääräysehdotuksilla. Suunnittelen rakennuksen niin, että asuinrakennuksen primäärienergian tarve on alle 168 kWh/m². Näillä arvoilla saavutetaan uudet rakennusmääräysehdotukset. Ehtona pientaloille $182-0,15 \cdot A_{\text{netto}} \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$, kun A_{netto} on $<150 \text{ m}^2 / 15/$. Hanketta ei lähdetä toistaiseksi toteuttamaan eikä hankkeesta piirretä virallisia kuvia, ainoastaan hahmotelmat joista nähdään rakenteet ja lämmitysratkaisut. Hanke on omakotitalo jonka kokonaispinta-ala on 108 m², huoneistopinta-ala on 93 m² ja ilmatilavuus 214 m³. Hankkeen pinta-ala halutaan pitää pienenä, ettei turhia lämmityskustannuksia syntyisi. Rakennus sijoitetaan ilmansuuntaisesti niin, että etelään päin on sijoitettu kolme suurta ikkunaa joiden avulla pyritään hyödyntämään auringon säteilyenergiaa mahdollisimman paljon talvella ja keväällä. Kesällä sälekaihtimet ikkunoiden välissä suojaavat suoralta auringon säteilyltä. Ikkunapinta-alaa rakennuksessa on yhteensä 10,4 m². Ulko-ovia rakennuksessa on kaksi, molemmat rakennuksen etupuolella. Rakennus on harjakattoinen 1:3. Alapohjarakenteessa en ota huomioon mahdollista paalutusta enkä myöskään jätevesiviemäreiden mahdollista hyötylämmön talteenottoa. Tekninen tila sijoitetaan mahdollisimman keskelle, jolla pyritään minimoimaan pitkät putkilinjat ja sitä kautta aiheutuva hukkalämpö. Pohjakuvaan hahmottelen huoneet, joita on mahdollista muuttaa myöhemmin. Laskelmat energiatehon ja energiamäärän tarpeesta on laskettu Rakennusmääräyskokoelman D5 mukaan. Laskelmia ei käydä yksityiskohtaisesti läpi, vaan merkitsen tärkeimmät tulokset ja merkinnät. Laskelmien tehtävä on ainoastaan antaa suuntaa siitä onko rakenteet ja lämmitysjärjestelmät järkevä toteuttaa kyseisellä tavalla. En ota vastuuta, jos joku lähtee toteuttamaan hanketta kyseisten tietojen ja laskujen perusteella.

6.2 Rakenteet ja U-arvot

6.2.1 Seinät

Rakenteiden valinta ei ollut helppoa, mutta pohdinnan jälkeen päätin valita seinärakenteiksi lämpöharkot EPS 350. Harkkojen U-arvo $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tämän lisäksi seinärakenteeseen tulee 50 mm vahva polyuretaanilevy, muovinen rappausverkko ja ohutrappaus ja kiinnityssiteet ohutrappaukselle. Sisäpuolelle tulee Gyproc-levy 13 mm. Seinärakenteen U-arvoksi saadaan täten $0,106 \text{ W/m}^2\text{K}$ minkä pitäisi riittää hyvin passiivitalon kriteereihin. Erillistä höyrynsulkua rakenteessa ei tarvita. Seinän kokonaispaksuus on 429 mm joka voi muuttua muutamia millemä rappauspinnan paksuuden mukaan.

6.2.2 Yläpohja

Yläpohjan rakenteeksi valitsin perinteisen mineraalivillan 250 mm+200 mm puhallusvillan. Tämän lisäksi tulee höyrynsulku ja sisäverhouslevy 13 mm tai mahdollisesti paneli/muu rakennuslevy. Yläpohjan kokonaispaksuudeksi saadaan 485 mm ja U-arvoksi $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$.

6.2.3 Alapohja

Alapohjasta tehtiin tuulettuva, mikä oli järkevä toimenpide tulevia korjauksia ajatellen. Tuulettuva alapohja ei ole paras mahdollinen ratkaisu, kun kyseessä on vesikiertoinen lattialämmitysjärjestelmä, jonka huomasin vasta kun laskin rakennuksen lämmitysenergian tarvetta. Lämmitysjärjestelmän hyödyntämisaste huonoimpia ja hukkalämpö alapuolelle kohtuullisen suuri. Alapohjarakenteeksi tuli pintabetoni 80 mm, johon saatiin mahtumaan lattialämmityspotkisto. Tämän alapuolelle tuli 250 mm paksu polyuretaanieristys ja 200 mm korkeat ontelolaatat. Alapohjan kokonaispaksuudeksi saatiin 530 mm ja U-arvoksi $0,095 \text{ W/m}^2\text{K}$.

6.2.4 Ikkunat ja ovet

Ikkunat ja ovet halusin saada niin hyviksi, että lämmönläpäisy olisi mahdollisimman pientä. Valitsin ikkunat ja ovet Skaalan valikoimista. Ikkunat saivat U-arvoksi $0,76\text{W/m}^2\text{K}$ ja ovet $0,67\text{W/m}^2\text{K}$, mitkä olivat markkinoiden parhaimmistoa.

6.3 Lämmitysjärjestelmät ja ilmanvaihto

Lämmitysjärjestelmiä on yhteensä kolme. Lämmitys on suunniteltu niin, että talvella lämmin käyttövesi ja tilalämmitys toteutetaan veteen varaavalla takalla, joka soveltuu mainiosti tilaan jossa lämmitysenergian tarve on vähäinen. Lisäksi on hybridi lämminvesivaraaja (käyttövesi ja tilalämmitys 600 l), jossa vastukset, joilla pystytään hoitamaan lämmitysajankohtana, jolloin ei ole mahdollista lämmittää varaavaa takkaa. Lämmitysenergian laskuissa ei ole huomioitu ollenkaan vastusten käyttöä. Kessällä lämmin käyttövesi lämmitetään aurinkolämpökeräimillä joita on 5 m^2 . Ilmanvaihto on hoidettu koneellisesti, mikä on ainoa vartenotettava vaihtoehto, koska eristemäärät ovat suuria ja kosteusriski on aina olemassa. Ilmanvaihtojärjestelmänä koneellinen tulo- ja poistoilma lämmön talteenotolla. Ilmanvaihdossa valitsin ilmastointilaitteen, jossa nestekietoinen etu- ja jälkilämmityspatteri. Ilmanvaihtojärjestelmässä lämmön talteenotto on 70 prosenttia.

7 LASKELMAT

7.1 Tehontarpeen laskenta

U-Arvot

Seinä	0,106 W/m ² K (laskettu rak.määräyskok. C4 mukaan)
Yläpohja	0,07 W/m ² K
Alapohja	0,095 W/m ² K
Ikkunat	0,76 W/m ² K
Ovet	0,67 W/m ² K

Ilmanvaihto

Ilmanvaihtokerroin 1/h	0,67 (laskettu rak.määräyskok. D2 mukaan)
Ilmanvaihdon ilmavirta	0,040 m ³ /s (laskettu rak.määräyskok. D2 mukaan)
Lämmöntalteenotto	70 %
Ilmatilavuus	214 m ³ (laskettu rak.määräyskok. D2 mukaan)
Tuloilmavirta	47 l/s
Poistoilmavirta	50 l/s
Laskettu poistoilmavirta	40 l/s, käytetään (laskettu rak.määräyskok. D2 mukaan)

Lämminvesipisteiden normivirtaamat

Astianpesukone	0,2 dm ³ /s
2x pesuallas	0,2 dm ³ /s
2x suihku	0,2 dm ³ /s
Pesukone	0,2 dm ³ /s
Yhteensä	0,8 dm ³ /s

Suurin normivirtaama 0,2 dm³/s, mitoitusvirtaama 0,34 dm³/s (rak.määräyskok. D1)

$Q_{\text{joht. ulkoseinät}}$	572 W (laskettu rak.määräyskok. D5 mukaan)
$Q_{\text{joht.yläpohja}}$	306 W
$Q_{\text{joht.alapohja}}$	121 W
Q_{ikkuna}	372 W
Q_{ovi}	120 W
Q_{vuotoiv}	2 246 W
Q_{iv}	677 W
Q_{lkv}	71 400 W
Q_{lkv}	14 280 W (otettu huomioon vain 20 %)
Tilojen lämmitys	4,41 kW
Lämmin käyttövesi	14,28 kW

Lämpimän käyttöveden mitoituksessa otettu huomioon vain 20 %, koska käytössä on lämminvesivaraaja /16/, todellisuudessa lämpimän käyttöveden tehontarve on huomattavasti pienempi koska lämmin käyttövesi mitoitetaan päiväkohtaisesti.

7.2 Lämmitysenergian tarve vuositasolla (kWh)

Laskelmat tehty säävyöhykkeen II mukaan, käytetty lämmitystarveluku 3 952.

$Q_{\text{joht.seinät}}$	1 121 kWh (laskettu rak.määräyskok. D5 mukaan)
$Q_{\text{joht.yläpohja}}$	671,5 kWh
$Q_{\text{joht.alapohja}}$	832 kWh
$Q_{\text{joht.ikkunat}}$	750 kWh
Q_{ovet}	241,5 kWh
$Q_{\text{joht.yht.}}$	3 568 kWh

$Q_{\text{vuotoilma}}$	4 533 kWh
Q_{tuloilma}	1366 kWh
$Q_{\text{tilat yh.}}$	9 467 kWh
$Q_{\text{lkv netto}}$	2 042 kWh (laskettu kahden henkilön kulutuksella)

$Q_{\text{tilat yht.}}$	9 467 kWh
$Q_{\text{lkv yht.}}$	2 042 kWh

Rakennuksen laitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutus ilman lämmitykseen käytettyä sähköä on arvioitu laitteet 3 111 kWh ja valaistus 750 kWh, jotka otetaan huomioon lämpökuormien laskennassa. Sähköenergian kokonaiskulutukseksi on saatu 5 143 kWh, johon kuuluu lämmitykseen käytetty sähkö kuten kiertovesipumput ja ilmanvaihtokoneen puhaltimet.

Lämpökuormat

Lämpökuormia syntyy laitteista ja valaistuksesta sekä ihmisistä ja auringon lämpösäteilystä. Myös lämminvesivaraajasta syntyy lämpökuormia, mutta niitä ei ole otettu huomioon koska lämminvesivaraaja on erillisessä tilassa. Lämpökuormia hyödynnetään laskuissani 70 prosenttisesti, koska tilojen lämmitysenergian tarpeen ajatellaan olevan 8 kuukautta. Hyötylämpöjen energiamääräksi on saatu 4 892 kWh.

Lämmitysjärjestelmän kokonaisenergian kulutus tilalle ja käyttövedelle on saatu laskettua kun lämpökuormat on vähennetty ja lämmitysjärjestelmän ja lämmitystavan hyötysuhteet otettu huomioon laskettaessa Q_{tilat} ja $Q_{\text{käyttövesi}}$ yhteensä. Lämpimän käyttöveden kulutuksesta on myös vähennetty aurinkolämpökeräinten tuottama lämmin käyttövesi.

$Q_{\text{tilat ja lkv kulutus yht.}}$	13 101 kWh
$W_{\text{sähkö yht.}}$	5 143 kWh

7.3 Uusiutuvat omavaraisenergiat

Suunnitelmissani on uusiutuvaa omavaraisenergiaa, jota saadaan aurinkolämpökeräimistä ja aurinkopaneeleista. Aurinkolämpökeräimistä saaman hyödyn lämpimään käyttövedeen olen ottanut huomioon jo aikaisemmissa laskelmissa. Lämpimän käyttöveden osuus aurinkolämpökeräimillä laskelmissa saa olla korkeintaan 30 prosenttia lämpimän käyttöveden vuosikulutuksesta /16/. Aurinkolämpökeräinten pinta-alaksi tuli 5 m². Aurinkopaneelien tuottamaa sähköä ei ole vähennetty aikaisemmissa laskelmissa. Aurinkopaneeleja halusin laittaa suunnitelmiini, koska ilmanvaihto joudutaan mahdollisesti toteuttamaan tehostetusti yöaikaan kesällä. Aurinkopaneelien kokonaispinta-alaksi saatiin 6,4 m².

$Q_{\text{aurinkolämpökeräimet}}$	780 kWh (kallistuskulma suurempi kuin 30 stetta)
$Q_{\text{aurinkopaneelit}}$	842 kWh

7.4 E-luvun laskenta

E-luvun laskennassa otetaan huomioon aurinkopaneeleista saatava sähköenergia ja vähennetään se kokonaissähköenergian kulutuksesta $W_{\text{sähkö}} 5\,143 \text{ kWh} - Q_{\text{aurinkopaneelit}} 842 \text{ kWh}$. $W_{\text{sähkö}} \text{ yht. } 4\,301 \text{ kWh}$. E-luvun laskennassa on otettava huomioon millä energiamuodolla tila lämmitetään, tapauksessani tila lämmitetään uusiutuvilla polttoaineilla ja näin ollen kertoimeksi saadaan 0,5. Sähköenergia on taas uusiutumatonta energiaa ja saa näin ollen kertoimeksi 2,0.

$$E = 0,5 \times 13\,101 \text{ kWh} + 2 \times 4\,301 \text{ kWh} = 15\,152,5 \text{ kWh/a}$$

$$E = 15\,152,5 \text{ kWh} / 93 \text{ m}^2 = 162,7 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

$$E = 162,7 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

8 YHTEENVETO

8.1 Energiatehokkuus

Energiatehokkuudella tulevaisuudessa tulee olemaan hyvin merkittävä rooli. Ympäristöministeriö ei ole vielä julkaissut ehdotuksiaan olemassa olevien asuntojen energiatehokkuusvaatimuksille, mutta odotettavissa on, että ehdotukset tulevat hyvinkin pian. Energiatehokkuuden puolesta puhuu myös sähkön ja öljyn jatkuvat hinnan nousupaineet. Työssäni vertailin lämmitysjärjestelmiä ja ilmanvaihtoa, koska niiden avulla energiatehokkuutta voidaan tehokkaasti parantaa. Rakenteista en lähtenyt tekemään analyysijä sen enempää, koska rakenteet täytyy miettiä tapauskohtaisesti. Lämmitysjärjestelmien vertailussa kävi selväksi, että suora sähkölämmitys on halvin investointikustannuksiltaan, mutta taas tulevaisuudessa lähes mahdoton toteuttaa korkean primäärienergiakertoimen vuoksi. Uusiutuvat polttoaineet tulevat avainasemaan vuoden 2012 aikana. Aurinkokeräimet tulevat lisääntymään vauhdilla, varsinkin kun teknologia vie niitä eteenpäin. Energiataloudellisuus on mielestäni hyvä asia, mikä lisää varmasti työpaikkoja ja innovaatioita.

8.2 Suunnitelman yhteenveto

Suunnitelmani vuoden 2012 rakennusmääräyksillä oli tehdä alustavaa vertailua pientalon energiatehokkuudesta ja niiden pääsemiseen vaadittavista toimenpiteistä. Taivoitteeni onnistui sikäli että pääsin E-lukuun $162,7 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$, kun enimmäisvaatimus oli $168 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$. Suunnitelmaa en lähtisi täydellisesti toteuttamaan näillä ratkaisuilla, varsinkin lämmitysjärjestelmän osalta harkitsisin jotain muuta kuin varaa-vaa takkaa. Samoin tuulettuva alapohja ei ole energiatehokkain ratkaisu, maata vasten betonointi antaa vesikiertoiselle lattialämmitykselle huomattavista paremman kertoimen. Rakennusharkot olivat U-arvoltaan parhaat mitä löysin ja valitsin ne siksi, että harkoista ei muodostu kylmäsiltaa. Ainoa miinus on, että joudutaan käyttämään terässiteitä jotta rappausverkko saadaan pysymään ulkopinnassa olevassa polyuretaanieristeessä. Tämä heikentää hieman seinän U-arvoa. Yläpohja toteutettiin normaalilla tavalla, ainoa lisä oli palosuojavillan lisäys 100 mm hormin molemmille

puolille. Tämä tehtiin sen vuoksi, että päälämmitysjärjestelmänä käytettiin varaavaa takkaa. Ikkunat toteutettiin parhailla U-arvon omaavilla ikkunoilla, samoin g-arvoon kiinnitettiin huomiota joka oli 0,4. Ovet valittiin myös hyvillä U-arvoilla, koska molemmat ovet pohjoiseen suunnattuna. Rakennus on suunniteltu niin, että jäähdytystarvetta ei olisi vaan ilmanvaihto tehostettaisiin yöksi kesällä. Kokonaisuutena suunnitelmat ovat melko hyvät.

LÄHTEET

- /1/ Tuomo Jaakkola, Tuomo Lindstedt, Juha-Matti Junnonen, 2010, Energiatehokas asuinkerrostalojen talotekniikkakorjaus, Suomen Rakennusmedia Oy
- /2/ Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (VTT)
- /3/ Seppo Mölsä, 2010, Vuoden 2012 tulevia ehdotuksia energiamääräyksiin, Rakennuslehti 30.9.2010 nro 29
- /4/ Rakennuslehti 6.10.2010.nro30
- /5/ Rakennustietosäätiö, 2007, Rakennusten lämmitysjärjestelmät, Rakennustieto Oy
- /6/ www.jenergia.fi/.../toimintaperiaate
- /7/ D2 Suomen rakennusmääräyskokoelma, 2010, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Ympäristöministeriö
- /8/ www.motiva.fi
- /9/ Maalämpö, Wikipedia,
- /10/ www.uusiutuva.fi/.../maalampopumppu.aspx
- /11/ www.rakentaja.fi/.../verkkolehti/03/3703sstl.htm
- /12/ www.raol.roiakk.fi/.../lammitys/lam_oljy.htm
- /13/ Hanakat Oy
- /14/ www.hanakat.fi/.../2009_01_puhtaampaa_sisailmaa
- /15/ D3 Suomen rakennusmääräyskokoelma, 2012, Rakennusten energiatehokkuus
- /16/ D5 Suomen rakennusmääräyskokoelma, 2012, Rakennuksen energiankulutuksen ja tehontarpeen laskentaohjeet
- /17/ C4 Suomen rakennusmääräyskokoelma, 2012 Lämmöneristys

LIITELUETTELO

Liite 1 Pohjapiirustus

Liite 2 Leikkauskuva

Liite 3 Julkisivu pohjoiseen

Liite 4 Julkisivu etelään

Liite 5 Julkisivu itään

Liite 6 Julkisivu länteen